

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESEN (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE PUBLIKATION

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. Juli 2004 (08.07.2004)

PCT

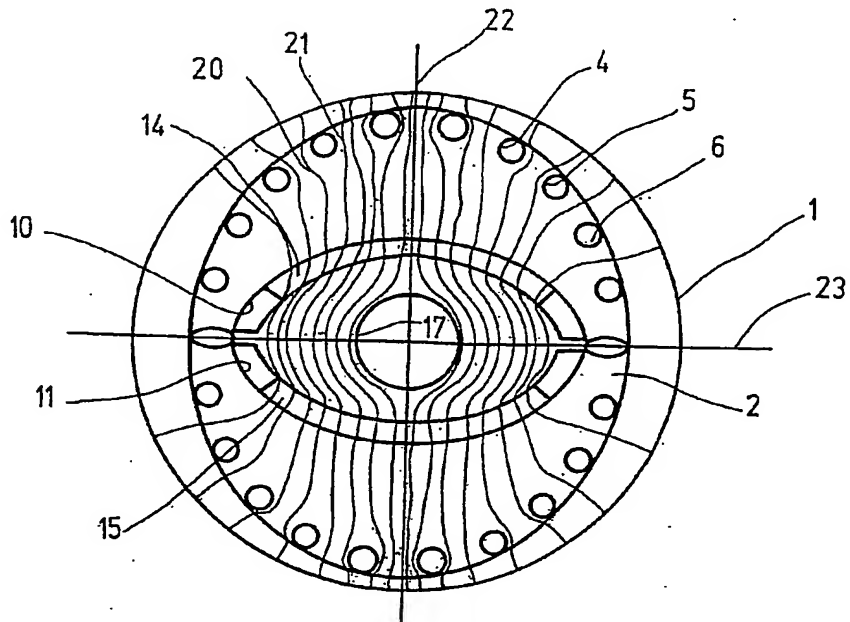
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/057737 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 21/46** (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DK2003/000863** (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEIHRAUCH, Niels,**
Christian [DK/DE]; Ortsstrasse 35, D-24980 Nordhackst-
edt (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Dezember 2003 (12.12.2003) (74) Anwalt: **DANFOSS A/S; Patentabteilung, DK-6430**
Nordborg (DK).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): **AM, AT, AU, BA, BG,**
BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE,
HR, HU, IL, IN, IS, JP, KR, KZ, LT, LU, LV, MD, MK,
MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SK, TR, UA, US,
UZ, VN, YU, ZA.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): **eurasisches Patent (AM,**
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
(30) Angaben zur Priorität:
102 61 760.0 19. Dezember 2002 (19.12.2002) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **DANFOSS COMPRESSORS GMBH [DE/DE];**
Mads-Clausen-Str. 7, P.O. Box 1443, D-24904 Flensburg
(DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ROTOR FOR AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: ROTOR FÜR EINEN ELEKTROMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to a rotor for an electric motor, especially a line-start electric motor, comprising axially extending receiving regions (4-6) for conductive rods, and axially extending receiving regions (10, 11) for permanent magnets (14, 15) which are embodied and arranged in such a way that they produce a permanent magnet field with a magnetic axis (22) and a neutral axis (23). The aim of the invention is to ensure that the rotor runs as regularly as possible during the operation of the electric motor. To this end, the diameter of the rotor along the magnetic axis (22) is larger than that along the neutral axis (23).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4-6) für Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (10, 11) für Permanentmagnete (14, 15), die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse (22) und einer Neutralachse (23) erzeugen. Um einen möglichst gleichmäßigen Lauf des Rotors im Betrieb des Elektromotors zu gewährleisten, ist der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) größer als entlang der Neutralachse (23).

Rotor für einen Elektromotor

Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen
5 Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme­räumen für Leiterstäbe und in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme­räumen für Per­manentmagnete, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Perma­nentmagnetfeld mit einer Magnetachse und einer Neutralachse erzeugen.

10 Als Line-Start-Elektromotoren werden Hybrid-Drehstrommotoren bezeichnet, die eine Kombination eines Drehstromasynchronmotors mit einem Drehstromsyn­chronmotor darstellen. Ein solcher Line-Start-Elektromotor umfasst einen Stator, der auch als Ständer bezeichnet wird, mit mehreren Stator- oder Ständerwick­lungen. Die Ständerwicklungen erzeugen ein Drehfeld, das in einem Läufer oder Rotor eine Spannung erzeugt, durch die der Rotor in Drehung versetzt wird. Der
15 Rotor eines Line-Start-Elektromotors hat sowohl Merkmale des Rotors eines Drehstromasynchronmotors als auch Merkmale des Rotors eines Drehstromsyn­chronmotors. Line-Start-Motoren können auch für einphasige Netzversorgung ausgelegt werden, eventuell mit Betriebskondensator.

20 In dem Rotor eines Drehstromasynchronmotors, der auch als Induktionsmotor bezeichnet wird, sind Leiterstäbe zum Beispiel aus Aluminium oder Kupfer im Wesentlichen in axialer Richtung angeordnet. An den Stirnseiten des Rotors können die Leiterstäbe durch Kurzschlussringe verbunden sein. Die Leiterstäbe bilden zusammen mit den Kurzschlussringen die Läuferwicklung und können die Form eines Käfigs haben, weshalb ein solcher Rotor auch als Käfigläufer be­
25 zeichnet werden kann. In Betrieb bewirkt das Drehfeld der Statorwicklung eine Flussänderung in den Leiterschleifen des zunächst stillstehenden Rotors. Die Flussänderungsgeschwindigkeit ist proportional der Drehfelddrehzahl. Die indu­zierte Spannung lässt Strom in den durch die Kurzschlussringe verbundenen Rotorleiterstäben fließen. Das durch den Rotorstrom erzeugte Magnetfeld be­
30 wirkt ein Drehmoment, das den Rotor in Drehrichtung des Stator­drehfelds dreht. Wenn der Rotor die Drehzahl des Stator­drehfelds erreichen würde, dann wäre die Flussänderung in der betrachteten Leiterschleife Null und damit auch das die Drehung bewirkende Drehmoment. Die Rotordrehzahl ist daher bei Drehstrom-

asynchronmotoren stets kleiner als die Drehfelddrehzahl. Der Rotor läuft also nicht mechanisch synchron mit der Drehfelddrehzahl.

In dem Rotor eines Drehstromsynchronmotors können zum Beispiel Permanentmagnete angeordnet sein, die im Betrieb ein magnetisches Rotordrehfeld erzeugen. Wenn die Statorwicklung mit Drehstrom versorgt wird, werden die Pole des Rotors durch die Gegenpole des Statorrehfelds angezogen und kurz darauf von dessen gleichartigen Polen abgestoßen. Der Rotor kann in Folge seiner Massenträgheit nicht sofort der Statorrehzahl folgen. Wenn der Rotor aber annähernd die Drehzahl des Statorrehfelds erreicht hat, dann wird der Rotor sozusagen in die Statorrehfelddrehzahl hineingezogen und läuft mit dieser weiter. Das heißt, nach dem Anlaufen des Rotors dreht sich dieser synchron mit der Statorrehfelddrehzahl.

Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors umfasst sowohl Permanentmagnete als auch Leiterstäbe. Die Leiterstäbe bilden eine Anlaufhilfe für den Rotor. Wenn annähernd die Drehzahl des Statorrehfelds erreicht worden ist, dann entfalten die Permanentmagnete ihre Wirkung. Der Line-Start-Elektromotor verbindet also die guten Anlaufeigenschaften eines Asynchronmotors, also das große Anlaufmoment, mit dem hohen Wirkungsgrad des Synchronmotors. Beim Anlaufen des Motors entfalten die Leiterstäbe ihre Wirkung, wohingegen die Dauermagnete beim Anlaufen des Motors eigentlich nur eine störende Rolle haben. Während des synchronen Betriebs, zum Beispiel bei 50 Hz oder 3000 U/min., entfalten dagegen die Dauermagnete ihre Wirkung, wohingegen die Leiterstäbe dann nicht mehr zur Erzeugung des Drehmoments beitragen, da im Synchronbetrieb in den Leiterstäben keine Spannung induziert wird.

Das im Betrieb des Line-Start-Elektromotors in einem Luftspalt zwischen Rotor und Stator existierende magnetische Feld umfasst zwei Komponenten. Die erste Komponente des resultierenden Felds wird von den Statorwicklungen bewirkt. Dies wird auch als Drehfeld bezeichnet. Die zweite Komponente des resultierenden Felds wird von den Permanentmagneten bewirkt, die auch als Dauermagneten bezeichnet werden können. In Betrieb von herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren, wie sie zum Beispiel aus der WO 01/06624A1 bekannt sind, können Drehmomentschwankungen auftreten, die unerwünscht sind.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Rotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere für einen Elektromotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 8, zu schaffen, der das Magnetfeld während synchronen Betriebs annähernd sinusförmig macht.

- 5 Die Aufgabe ist bei einem Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme-
räumen für Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme-
räumen für Permanentmagnete, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Per-
manentmagnetfeld mit einer Magnetachse und einer Neutralachse erzeugen,
10 dadurch gelöst, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse
größer ist als entlang der Neutralachse. Der Rotor weist also einen kreisförmigen
Querschnitt auf, dessen Dicke entlang der Magnetachse etwas größer ist als
entlang der Neutralachse. Die unterschiedlich großen Rotordurchmesser beziehungs-
weise Rotordicken führen dazu, dass der Abstand zwischen dem äußeren
15 Umfang des Rotors und einem den Rotor umgebenden Stator, der einen Auf-
nahmeraum für den Rotor mit einem kreisförmigen Querschnitt aufweist, nicht
mehr konstant ist wie bei herkömmlichen Elektromotoren. Durch die erfindungs-
gemäße Ausbildung des Rotors variiert der Abstand zwischen dem äußeren
Umfang des Rotors und dem Stator in Abhängigkeit von dem Drehwinkel des
20 Rotors. Demzufolge ist der Luftspalt zwischen dem Rotor und dem Stator entlang
der Neutralachse am größten und entlang der Magnetachse am kleinsten. Durch
die Variation der Größe des Luftspalts zwischen Rotor und Stator wird, während
des synchronen Betriebs des Elektromotors, ein nahezu sinusförmiger Verlauf
der elektrischen Feldstärke des von dem Permanentmagneten erzeugten Mag-
25 netfelds über den Drehwinkel des Rotors erreicht. Dadurch werden die Oberflä-
chenverluste im Rotor reduziert. Das Anlaufdrehmoment und das Kippdrehmo-
ment sind bei dem erfindungsgemäßen Rotor beziehungsweise Elektromotor
größer als bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren.

- 30 Es hat sich weiter im Vergleich zwischen einem konventionellen Line-Start-Motor
und dem erfinderischen Line-Start-Motor gezeigt, dass ein nicht kreisförmiger
Rotor eine größere magnetische Flussdichte im Rotor erhält als ein konventio-
neller Rotor. Konkret hat dies zur Folge, dass die Amplitude des magnetischen
Grundtons erhöht wird und somit zu einem größeren Drehmoment beiträgt. Dies

bedeutet wiederum, dass die Menge von verbrauchtem Magnetmaterial eingespart werden kann.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse maximal 2 mm größer ist als entlang der Neutralachse. Das bedeutet, dass die Rotordicke entlang der Magnetachse etwas größer ist als entlang der Neutralachse. Der Querschnitt des Rotors ist also nicht mehr kreisförmig, sondern leicht oval. Der angegebene Grenzwert von 2 mm bezieht sich auf einen Rotordurchmesser von etwa 60 mm. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen wurde herausgefunden, dass bei größeren Durchmesserunterschieden beziehungsweise Dickenunterschieden die Funktion des Rotors beziehungsweise des Elektromotors beeinträchtigt wird.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse 0,5 bis 1 mm größer ist als entlang der Neutralachse. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen wurden mit diesen Werten die besten Ergebnisse erzielt.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor im Querschnitt die Form einer Ellipse aufweist, deren Hauptachse mit der Magnetachse und deren Nebenachse mit der Neutralachse zusammenfällt.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für die Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse größer als im Bereich der Neutralachse ist. Dadurch wird ausreichend Raum für die Feldlinien des von dem Stator erzeugten Magnetfeldes geschaffen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagnete, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse und deren Ne-

benachse mit der Magnetachse zusammenfällt. Diese Anordnung hat sich bezüglich der Verteilung der Magnetfeldlinien im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung als besonders vorteilhaft erwiesen.

5 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete stabförmig sind und im Wesentlichen zwei Halbkreise um ein Durchgangsloch im Rotor bilden. Hierdurch kann eine kostengünstige Herstellung erreicht werden, denn Stabmagnete sind billiger als gekrümmte Magnete.

10 Bei einem Elektromotor, insbesondere einem Line-Start-Elektromotor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen und einem Rotoraufnahmeraum mit einem insbesondere kreisförmigen Querschnitt aufweist, ist die oben angegebene Aufgabe dadurch gelöst, dass ein vorab beschriebener Rotor drehbar in dem Rotoraufnahmeraum aufgenommen ist. Der erfindungsgemäße Rotor führt aufgrund des annähernd sinusförmigen Verlaufs der magnetischen Feldstärke des
15 Permanentmagnetfelds über dem Rotordrehwinkel zu einem höheren Wirkungsgrad des erfindungsgemäßen Elektromotors.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

- 20 Figur 1 die Darstellung eines Querschnitts durch einen Elektromotor gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit gekrümmten Permanentmagneten;
- Figur 2 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit geraden Permanentmagneten;
- 25 Figur 3 ein Diagramm, in dem der Verlauf der magnetischen Feldstärke B über den Drehwinkel des Rotors aufgetragen ist;
- Figur 4 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit geraden Permanentmagneten;

Figur 5 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit gekrümmten Permanentmagneten und

Figur 6 ein Diagramm, in welchem der Verlauf des Drehmoments über der Rotordrehzahl aufgetragen ist.

In Figur 1 ist ein Rotoraufnahmeraum 1 des Stators durch einen Kreis schematisch im Querschnitt dargestellt. In dem Rotoraufnahmeraum 1 ist ein Rotor 2 drehbar aufgenommen. Der Rotor 2 hat einen ellipsenförmigen Querschnitt. In der Nähe des äußeren Umfangs des Rotors 2 sind Aufnahmeräume 4, 5, 6 gleichmäßig über den Umfang des Rotors 2 verteilt angeordnet. Die Aufnahmeräume 4, 5 und 6 für Leiterstäbe haben jeweils einen kreisförmigen Querschnitt. Radial innerhalb der Aufnahmeräume 4 bis 6 für Leiterstäbe sind zwei Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagneten angeordnet. Die Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagnete erstrecken sich, ebenso wie die Aufnahmeräume 4 bis 6 für Leiterstäbe, in axialer Richtung des im Wesentlichen zylinderförmigen Rotors 2. Die Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagnete sind um die Drehachse des Rotors herum gekrümmt angeordnet und ausgebildet. Die Aufnahmeräume 10 und 11 haben die Gestalt von Bögen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind.

Im Zentrum weist der Rotor ein zentrales Durchgangsloch 17 auf, das zur Aufnahme einer Welle dient, die drehfest mit dem Rotor 2 verbunden werden kann. Über die (nicht dargestellte) Welle kann das von dem Elektromotor erzeugte Drehmoment abgegeben werden.

In den Aufnahmeräumen 10 und 11 sind Permanentmagnete 14 und 15 aufgenommen, die ein Permanentfeld erzeugen. Das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte magnetische Feld ist in Figur 1 durch Magnetfeldlinien 20, 21 angedeutet. Das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte Permanentmagnetfeld weist eine Magnetachse 22 und eine Neutralachse 23 auf. Entlang der Magnetachse 22 ist die Magnetfeldstärke am größten. Entlang der Neutralachse 23 ist die Magnetfeldstärke des Permanentmagnetfelds gleich null.

Der Rotor 2 hat entlang der Magnetachse 22 eine größere Dicke als entlang der Neutralachse 23. Demzufolge hat der Rotor 2 an seinem äußeren Umfang die

Gestalt einer Ellipse, deren Hauptachse mit der Magnetachse 22 und deren Nebenachse mit der Neutralachse 23 zusammenfällt. Die von den Aufnahmeräumen 10 und 11 für die Permanentmagneten 14 und 15 gebildete Ellipse ist senkrecht zu der den äußeren Umfang des Rotors 2 bildenden Ellipse angeordnet.

- 5 Die Hauptachse der von den Aufnahmeräumen 10 und 11 gebildeten Ellipse fällt mit der Neutralachse 23 zusammen. Die Nebenachse der von den Aufnahmeräumen 10 und 11 gebildeten Ellipse fällt mit der Magnetachse 22 zusammen.

- 10 Die Verwendung eines Rotors, der in Richtung der Magnetachse 22 der Permanentmagneten 14 und 15 einen größeren Durchmesser beziehungsweise eine größere Dicke aufweist als in Richtung der Neutralachse 23, führt dazu, dass der Abstand zwischen dem Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators variiert, das heißt, der zwischen Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators ausgebildete Luftspalt ist variabel. Der Luftspalt ist am kleinsten entlang der Magnetachse 22 und am größten entlang der Neutralachse 23.

- 15 Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform füllen die Permanentmagnete 14 und 15 nicht den gesamten Querschnitt der Aufnahmeräume 10 und 11 aus. Die leeren beziehungsweise mit Luft gefüllten Teile der Aufnahmeräume 10 und 11 erzeugen kein Magnetfeld, was an dem Verlauf der Magnetfeldlinien 20, 21 zu erkennen ist. Der Abstand zwischen den Magnetfeldlinien in dem Luftspalt
20 zwischen dem Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators ist ein Maß für die elektrische Feldstärke. Aus Figur 1 ist ersichtlich, dass die Magnetfeldstärke dort am größten ist, wo der Rotor 2 ganz nahe an dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators angeordnet ist. Rechts und links der Magnetachse 22 wird das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte Magnetfeld schwächer,
25 was erwünscht ist. Dadurch wird erreicht, dass die magnetische Feldstärke in dem Luftspalt zwischen dem Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotors an eine Sinusform angenähert wird.

- 30 In Figur 2 ist ein Rotor 25 im Querschnitt dargestellt, der im Bereich der Neutralachse 26 des Permanentmagnetfelds eine Dicke 60,34 mm und im Bereich der Magnetachse 24 des Permanentmagnetfelds eine Dicke von 61,3 mm aufweist.

Der in Figur 2 dargestellte Rotor umfasst Aufnahmeräume für Leiterstäbe, deren Querschnitt nicht kreisförmig ist. Der in Figur 2 dargestellte Querschnitt der Auf-

nahmeräume 27 und 28 für Leiterstäbe hat sich bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen als vorteilhaft erwiesen.

Radial innerhalb der Aufnahmeräume 27 und 28 für die Leiterstäbe sind Aufnahme-
nahmeräume 30, 31 und 32 für Permanentmagnete angeordnet. Die Aufnahme-
räume 30 bis 32 sind nicht gekrümmt, sondern gerade und haben jeweils die
5 Form eines länglichen Rechtecks. Aufnahmeräume 30', 31' und 32' sind, bezo-
gen auf die Neutralachse 26, symmetrisch zu den Aufnahmeräumen 30, 31 und
32 angeordnet. Die Aufnahmeräume 30, 31, 32 und 30', 31', 32' sind paarweise
parallel so angeordnet, dass ein Abstand C zwischen einer Durchgangsbohrung
10 34 für eine Welle und dem Aufnahmeraum 31 beziehungsweise 31' gegeben ist.

In Figur 3 ist der Verlauf der magnetischen Feldstärke B über dem Drehwinkel θ
aufgetragen. Bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren ergibt sich oft ein
eckiger Verlauf, der nicht ideal ist. Ideal wäre ein sinusförmiger Verlauf. Durch
die erfindungsgemäße Ausbildung wird, wie insbesondere in den Bereichen 50
15 bis 53 und 60 bis 68 zu sehen ist, eine Annäherung an den idealen sinusförmigen
Verlauf erreicht. Der in Figur 3 dargestellte sinusförmige Verlauf wird aller-
dings nur während des synchronen Betriebs des Line-Start-Elektromotors er-
reicht, nicht aber beim Starten des Line-Start-Elektromotors, wenn der Rotor
asynchron anläuft. In der Anlaufphase bewirkt die nicht-kreisförmige Gestalt des
20 Rotors, dass das Anlaufmoment ansteigt, aber der Wirkungsgrad ein wenig ab-
nimmt. Da die Anlaufphase aber vergleichsweise klein ist, wird dieser Nachteil in
Kauf genommen.

In Figur 4 ist ein Rotor 35 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung
im Querschnitt dargestellt. Der Rotor 35 ähnelt dem in Figur 2 dargestellten Ro-
tor 25. Zur Bezeichnung gleicher Teile werden in Figur 4 um zehn vermehrte Be-
zugszeichen verwendet. Allerdings ist bei dem in Figur 4 dargestellten Rotor 35
der Abstand C zwischen der Durchgangsbohrung 44 und dem Aufnahmeraum
41' kleiner als bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform. Dadurch ergibt
sich zwischen dem Aufnahmeraum 41' und dem radial außen angeordneten Auf-
nahmeraum 45 für einen Leiterstab ein größerer Abstand, was sich im Betrieb
30 als vorteilhaft erwiesen hat.

In Figur 5 ist ein Rotor 2' im Querschnitt dargestellt, der dem in Figur 1 darge-
stellten Rotor 2 ähnelt. Allerdings sind die Aufnahmeräume 10' und 11' vollstän-

dig mit Permanentmagneten 14' und 15' ausgefüllt. Außerdem sind in Figur 5 Magnetfeldlinien 50, 51 des von den Statorwicklungen (nicht dargestellt) erzeugten Magnetfelds eingezeichnet. Die Magnetachse des von den Statorwicklungen erzeugten Magnetfelds ist mit 54 bezeichnet. Senkrecht dazu verläuft die Magnetachse 52 des von den Permanentmagneten 14' und 15' erzeugten Permanentmagnetfelds. Die Krümmungsradien der Permanentmagnete 14' und 15' sind im Bereich der Schnittpunkte mit der Magnetachse 52 deutlich größer als an den Enden der Permanentmagnete. Daraus ergibt sich, dass der Abstand F zwischen dem Durchgang 17 und den Permanentmagneten 14', 15' deutlich größer ist als der Abstand G.

In Figur 6 ist der Verlauf des Drehmoments in Newtonmeter über der Drehzahl in Umdrehungen pro Minute aufgetragen. Mit 61 ist der Verlauf des Drehmoments eines Line-Start-Elektromotors mit Anlaufkondensator und einem erfindungsgemäßen Rotor bezeichnet. Im Vergleich dazu ist mit 62 der Drehmomentverlauf eines konventionellen Line-Start-Elektromotors mit Anlaufkondensator dargestellt. In Figur 6 sieht man, dass das Anlaufmoment des erfindungsgemäßen Elektromotors 61 höher ist als bei dem herkömmlichen Line-Start-Elektromotor 62.

Mit 63 ist in Figur 6 der Verlauf des Drehmoments eines gewöhnlichen Asynchronmotors ohne Startkondensator mit einem nicht kreisförmigen Rotor bezeichnet. Im Vergleich dazu ist mit 64 der Drehmomentverlauf eines herkömmlichen Asynchronmotors ohne Startkondensator bezeichnet. Wie man in Figur 6 sieht, tritt das Kippmoment K bei einem nicht kreisförmigen Rotor bei einer niedrigeren Drehzahl auf als bei einem herkömmlichen Rotor. Die Kurven der Figur 6 würden mit Line-Start-Motoren ungefähr die gleiche Form haben, nur würden sie eine größere Welligkeit aufweisen.

Die Erhöhung des Anlassdrehmoments beziehungsweise des Kippmoments ist auf die erfindungsgemäße Vergrößerung des Luftspalts im Bereich der Neutralachse zurückzuführen. Der größere Luftspalt führt dazu, dass die Impedanz des Elektromotors abgesenkt wird, wodurch der Motor einen größeren Strom aufnimmt und damit das Drehmoment erhöht wird. Das Absenken der Motorimpedanz ist darauf zurückzuführen, dass das von dem Stator erzeugte Magnetfeld einem größeren Luftvolumen ausgesetzt wird, wodurch das System einen größeren Ohm'schen Anteil aufweist und dadurch schneller wird. Die Reaktanz wird

kleiner und der Ohm'sche Anteil R bekommt ein, relativ betrachtet, größeres Gewicht. Der Wirkungsgrad fällt, aber das Drehmoment steigt, da die kleinere Reaktanz den Stromanstieg weniger stark abbremst. Der Strom steigt bei dem erfindungsgemäßen Line-Start-Elektromotor schneller, was zu einem größeren Drehmoment führt als bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren.

Das Blechpaket des Rotors kann aus verschiedenen Blechlaminaten bestehen, zum Beispiel einem ersten Laminat und einem zweiten Laminat. Die Laminatfolge kann so sein: erstes Laminat, zweites Laminat, erstes Laminat, das heißt, der Rotor ist in drei Sektionen aufgeteilt. Das zweite Laminat bildet eine Übergangszone. Die Übergangszone dient dazu, eine sogenannte Nutschrägung zu erreichen, das heißt, dass ein Leiterstab in einem ersten Ende des Rotors im Vergleich zu dem Leiterstab im anderen Ende des Rotors versetzt ist. Die Versetzung, zum Beispiel zwischen 10 und 20 mechanischen Grad, wird in der Übergangszone erreicht, indem der Leiterstab nicht parallel mit der Drehachse des Rotors läuft, sondern zu dieser seitlich verschrägt. Durch die Nutschrägung werden die Amplitude von im Drehfeld störenden magnetischen Harmonischen erwünscht stark reduziert. Die Übergangszone besteht aus zum Beispiel 10 bis 20 Blechlaminaten, deren Aufnahmeräume zueinander versetzt sind.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Line-Start-Elektromotors ist darin zu sehen, dass die Verluste an der Oberfläche des Rotors geringer sind als bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren. Normalerweise umfasst das magnetische Feld im Luftspalt mehrere harmonische Frequenzen, die Verluste im Motor verursachen. Dabei handelt es sich um sogenannte zig-zag-Verluste, die an der Oberfläche des Rotors auftreten. Der größere Luftspalt an einigen Stellen zwischen dem Rotor und dem Stator führt dazu, dass diese Verluste reduziert werden.

Ansprüche

1. Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 6;27,28) für Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (10,11;30 bis 32) für Permanentmagnete (14,15), die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse (22) und einer Neutralachse (23) erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) größer ist als entlang der Neutralachse (23).
5
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) maximal 2 mm größer ist als entlang der Neutralachse (23).
10
3. Rotor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) 0,5 bis 1 mm größer ist als entlang der Neutralachse (23).
- 15 4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor im Querschnitt die Form einer Ellipse aufweist, deren Hauptachse mit der Magnetachse (22) und deren Nebenachse mit der Neutralachse (23) zusammenfällt.
- 20 5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (10,11) für die Permanentmagnete (14,15) so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse (22) größer als im Bereich der Neutralachse ist.
25
- 30 6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (10,11) für die Permanentmagneten (14,15) im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse (23) und deren Nebenachse mit der Magnetachse (22) zusammenfällt.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Permanentmagnete (30,31,32) stabförmig sind und im Wesentlichen zwei Halbkreise um ein Durchgangsloch (34) im Rotor bilden.
- 5 8. Elektromotor, insbesondere Line-Start-Elektro-motor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen und einen Rotoraufnahmeraum (1) mit einem insbesondere kreisförmigen Querschnitt aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rotor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche drehbar in dem Rotoraufnahmeraum (1) aufgenommen ist.

1 / 4

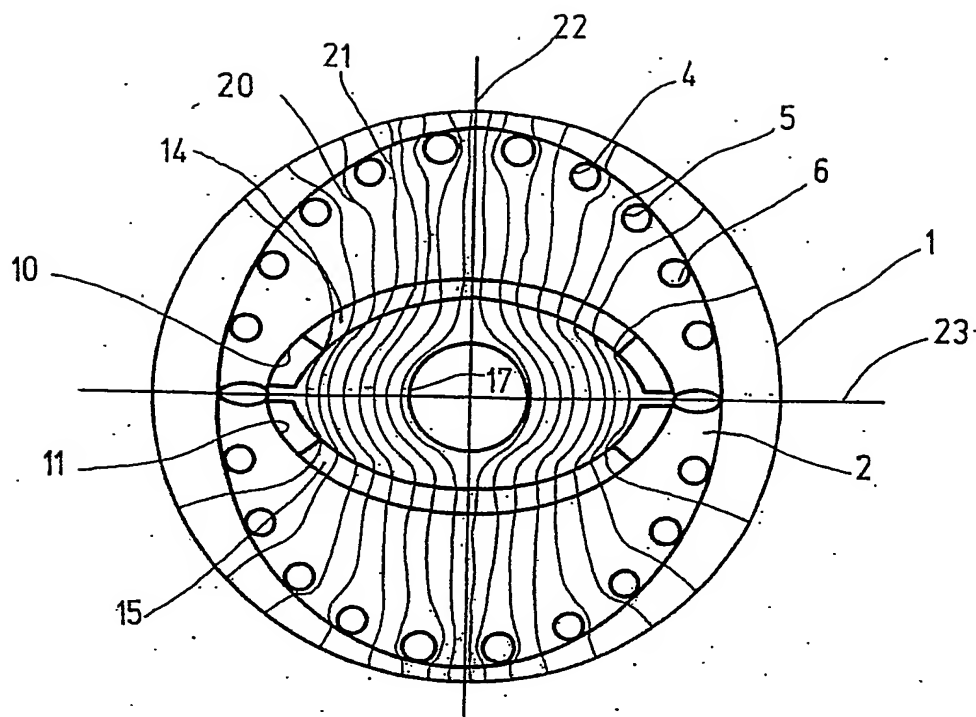


Fig.1

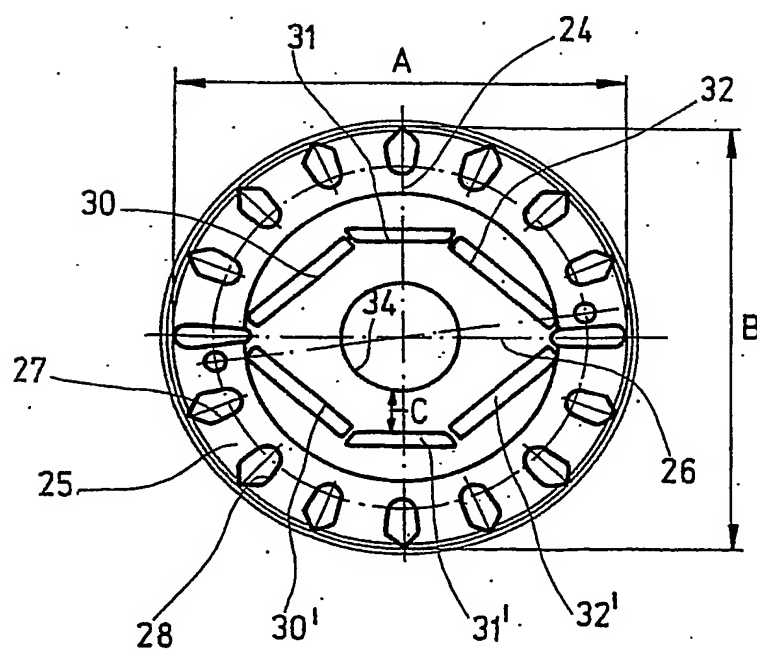
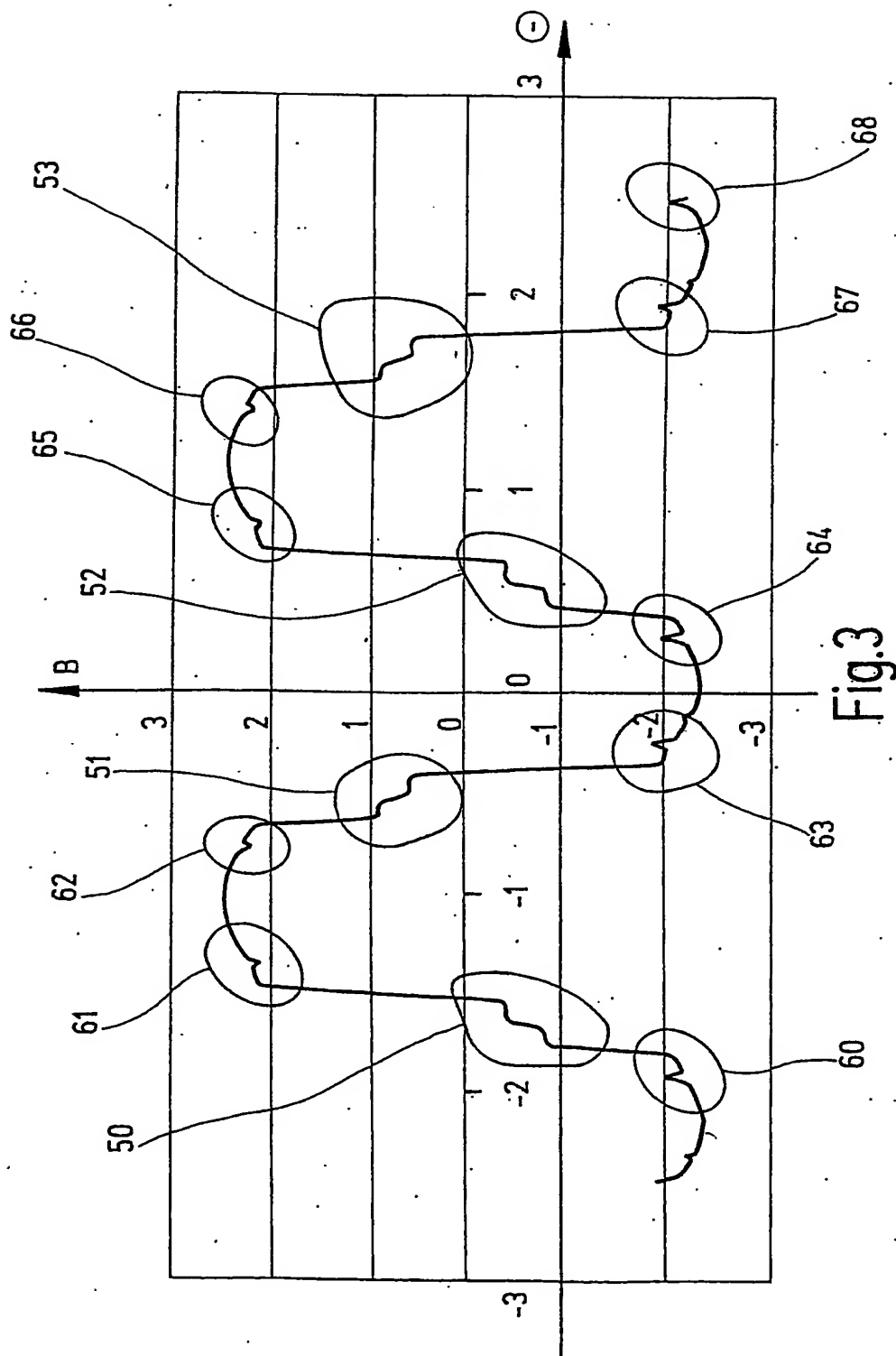


Fig.2



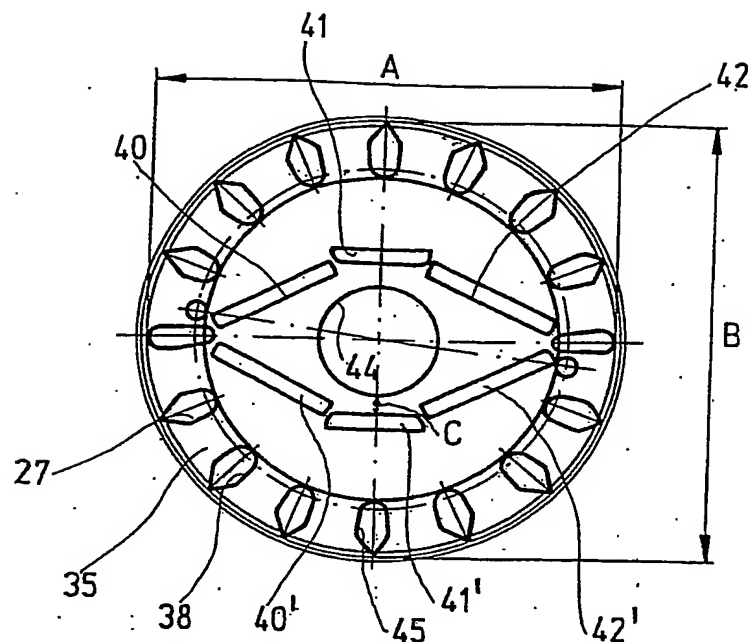


Fig. 4

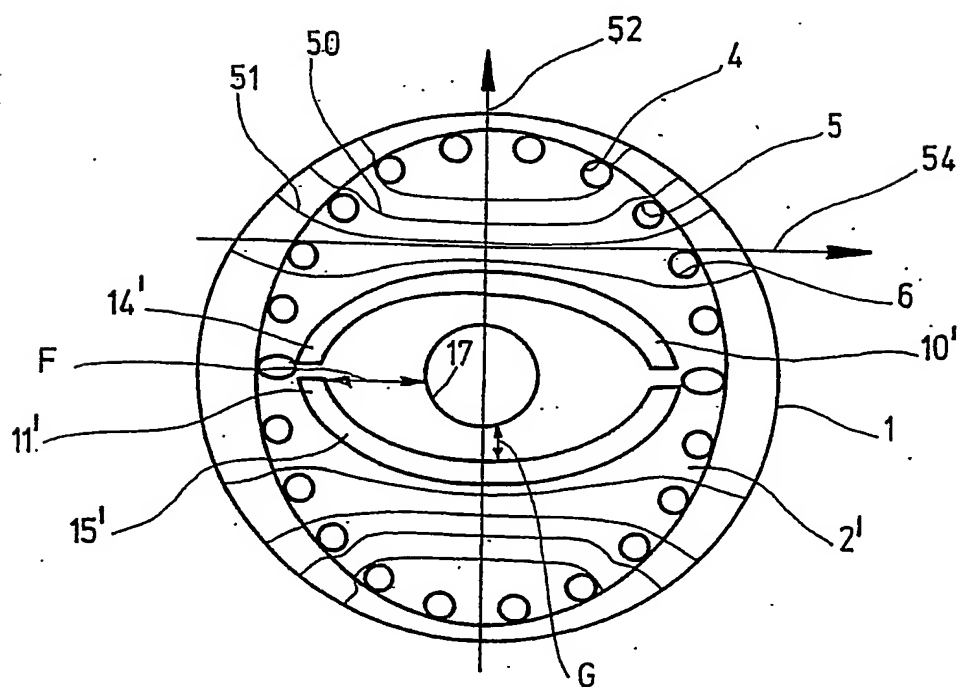


Fig. 5

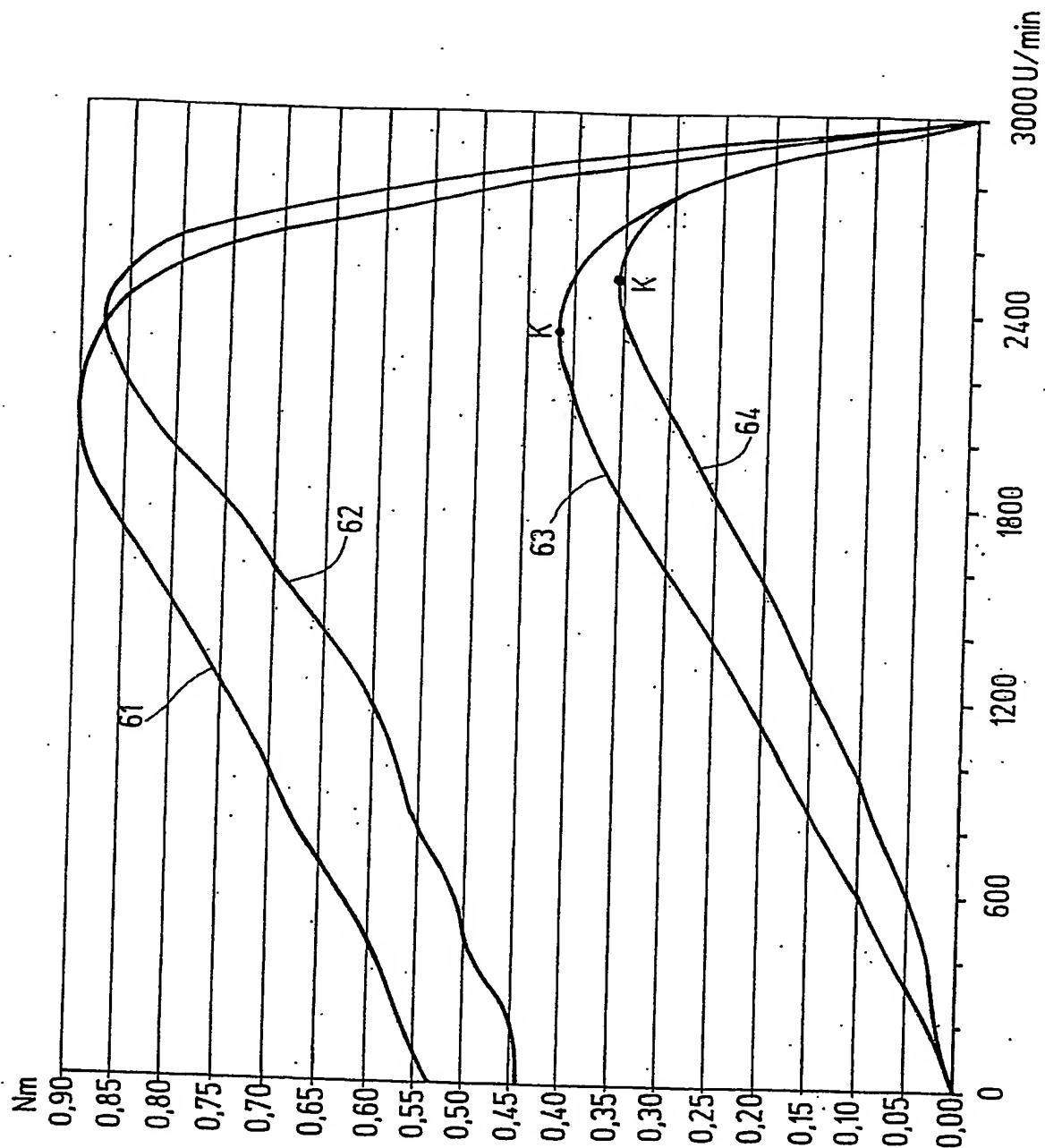


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DK 03/00863

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02K21/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 809 343 A (SIEMENS AG) 26 November 1997 (1997-11-26) the whole document	1
A	WO 01 06624 A (YOSHIDA MICHIMIRO ; TAKIMOTO TORU (JP); SASAKI KENJI (JP); TAMURA T) 25 January 2001 (2001-01-25) the whole document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 March 2004

Date of mailing of the international search report

24 MAR 2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

MAGNUS WESTÖÖ/MN

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat

Application No

PCT/DK 03/00863

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0809343	A	26-11-1997	AT 197360 T 15-11-2000
		DE 59702553 D1 07-12-2000	
		EP 0809343 A1 26-11-1997	

WO 0106624	A	25-01-2001	JP 2001037126 A 09-02-2001
		JP 2001037119 A 09-02-2001	
		JP 2001086675 A 30-03-2001	
		JP 2001095183 A 06-04-2001	
		JP 2001346347 A 14-12-2001	
		JP 2001346369 A 14-12-2001	
		AU 6014800 A 05-02-2001	
		BR 0012508 A 02-04-2002	
		CN 1360748 T 24-07-2002	
		EP 1198875 A1 24-04-2002	
		WO 0106624 A1 25-01-2001	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/D 3/00863

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H02K21/46

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 809 343 A (SIEMENS AG) 26. November 1997 (1997-11-26) das ganze Dokument	1
A	WO 01 06624 A (YOSHIDA MICHIIHIRO ; TAKIMOTO TORU (JP); SASAKI KENJI (JP); TAMURA T) 25. Januar 2001 (2001-01-25) das ganze Dokument	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. März 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24 MAR 2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

MAGNUS WESTÖÖ/MN

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DK/93/00863

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0809343	A	26-11-1997	AT 197360 T	15-11-2000
			DE 59702553 D1	07-12-2000
			EP 0809343 A1	26-11-1997

WO 0106624	A	25-01-2001	JP 2001037126 A	09-02-2001
			JP 2001037119 A	09-02-2001
			JP 2001086675 A	30-03-2001
			JP 2001095183 A	06-04-2001
			JP 2001346347 A	14-12-2001
			JP 2001346369 A	14-12-2001
			AU 6014800 A	05-02-2001
			BR 0012508 A	02-04-2002
			CN 1360748 T	24-07-2002
			EP 1198875 A1	24-04-2002
			WO 0106624 A1	25-01-2001
